

**П. А. Пачколина\***

Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург

\*e-burg96\_polina@mail.ru

Руководитель – проф., д-р техн. наук М. А. Гервасьев

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ СТАЛИ 45 ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ТЕРМООБРАБОТКИ

Приведен краткий обзор возможностей программного обеспечения *QForm*. Выполнено моделирование температурных полей и фазового состава углеродистой стали при различных режимах термической обработки. Приведено сравнение результатов расчета с экспериментальными данными.

*Ключевые слова:* углеродистая сталь, температурное поле, фазовый состав, термическая обработка, моделирование, микроструктура.

**P. A. Pachkolina**

## COMPUTER SIMULATION OF TEMPERATURE FIELDS AND PREDICTING OF CARBON STEEL MICROSTRUCTURE UNDER DIFFERENT HEAT TREATMENT CONDITIONS

The paper shows a brief overview of the *QForm* software opportunities. It was performed the simulation of temperature fields and phase composition of treated carbon steel under different heat treatment conditions. The calculation results were compared with experimental data.

*Keywords:* carbon steel, temperature field, phase composition, heat treatment, simulation, microstructure.

Благодаря возрастающему числу возможностей программных комплексов и персональных компьютеров моделирование находит практическое применение во многих отраслях жизнедеятельности, в том числе в производственной сфере. Основной эффект от применения моделирующих программ достигается за счет виртуальной апробации параметров технологических процессов [1].

Целью работы является разработка последовательной методики применения данных, предоставляемых программой *QForm* в виде полей температуры, для прогноза структурного состояния и качественных характеристик материала заготовки [2].

В основе моделирования фазовых превращений лежит использование интерполированных С-образных кривых сталей.

При запуске модуля *QForm-Microstructure* производится моделирование структурного состояния металла на всем протяжении технологического процесса – от нагрева в печи до окончательного охлаждения изделия. По завершении расчета для всех точек определяется процентное соотношение фаз в готовом изделии (феррит, перлит, бейнит, мартенсит). Аналогичным образом определяются свойства стали после термообработки (твердость, предел прочности и т. д.).

Методика решения задачи с применением программного комплекса *QForm* включает следующие основные этапы:

1. Построение модели валка в программе *SolidWorks* или графических модулях *QForm – QDraft* (2D-геометрия) и *QShape* (3D-геометрия). В данном случае используется половина заготовки вала с одной плоскостью симметрии, созданная в модуле *QShape*.

2. Создание или выбор в библиотеке материалов стали. Для данного расчета была выбрана сталь 45 из библиотеки материалов *QForm*.

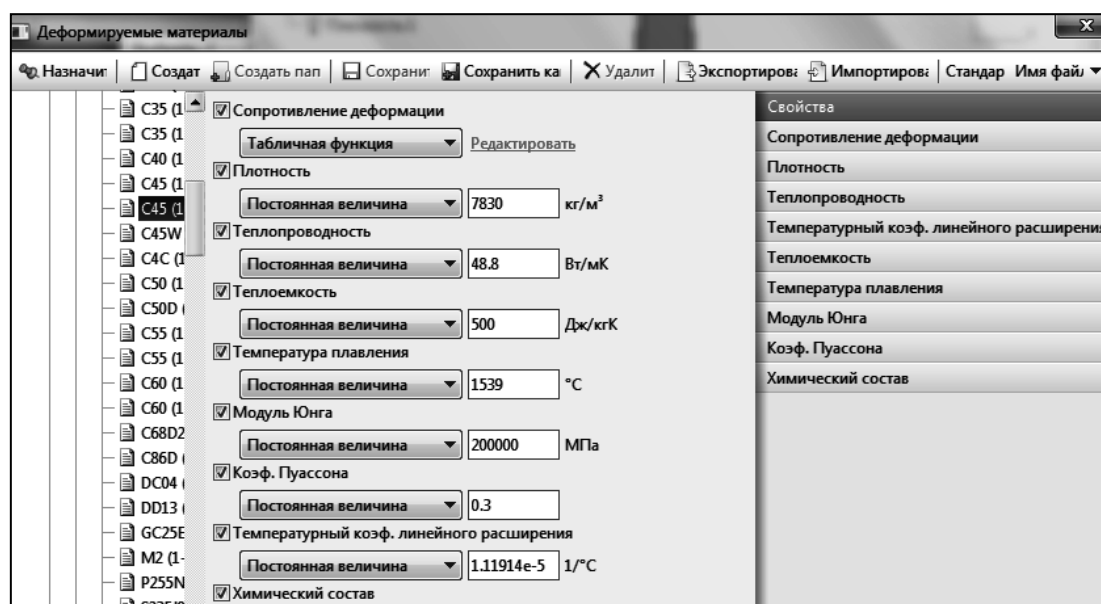


Рис. 1. Параметры стали 45 в библиотеке материалов *QForm*

3. Задание исходных данных и граничных условий для компьютерного моделирования операций термообработки. Расчет начинается от температуры аустенитизации и продолжается до достижения комнатной температуры с заданными на поверхности тела условиями теплообмена. При этом термообработка может производиться в несколько этапов с выдержкой при некоторых температурах. Время процесса в условиях остановки определяется на основании технологической карты (или примерно то время, за которое должна охладиться или нагреться заготовка). Максимальное приращение времени задается исходя из

градиента температур и времени процесса. Например, при закалке этот шаг маленький (примерно 0,5 с), а при многочасовом нагреве этот шаг нужно сделать больше (примерно несколько секунд).

4. Запуск расчета.

5. Графическое изображение, обработка и анализ результатов – температурных полей, фазового состава, графиков температуры и механических свойств на различных этапах термической обработки.

По результатам моделирования получены графические изображения распределения аустенита при нагреве под закалку (рис. 2, а), мартенсита – при закалке (рис. 2, б) и температуры – при отпуске (рис. 2, в).

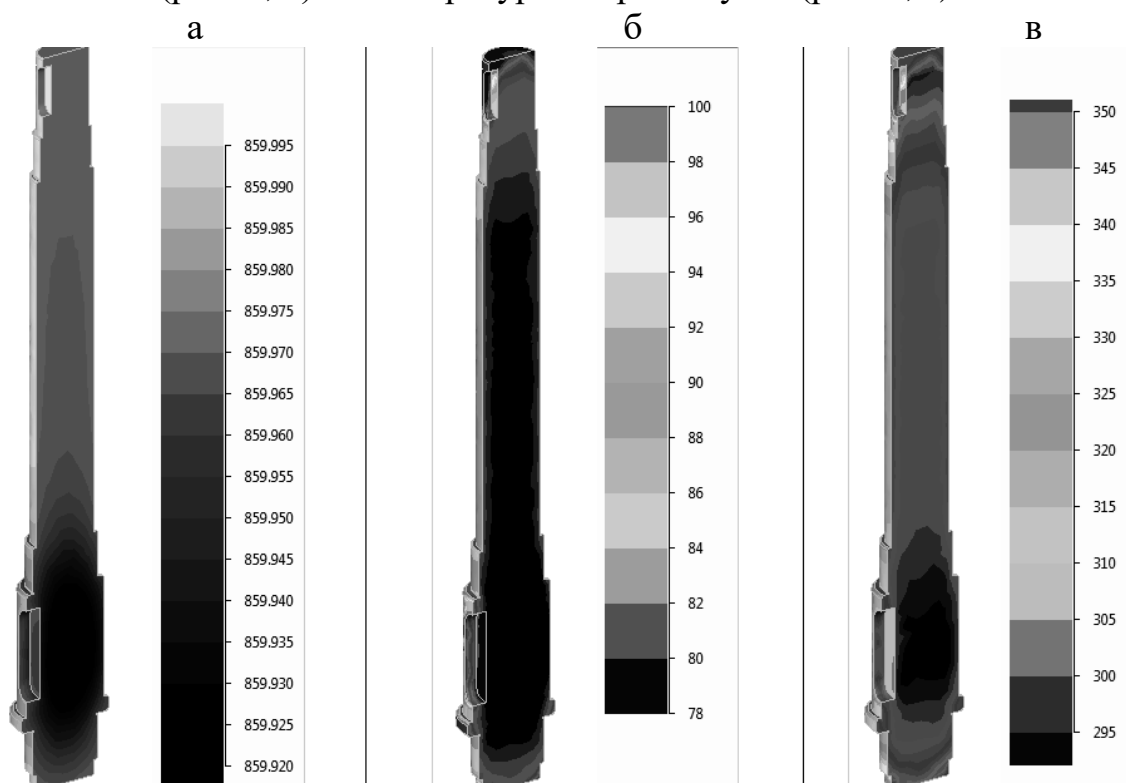


Рис. 2. Распределение аустенита (а), мартенсита (б) и температуры (в) по объему поковки

Сравнение полученных результатов расчета и экспериментальных данных показало, что моделирование в программном комплексе *QForm* позволяет рассчитывать температурные поля и фазовый состав с достаточной для производственной практики точностью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ellinghausen Т., Стебунов С. А *QForm 7* – новое слово в моделировании процессов обработки металлов давлением / 2013.
2. Опыт применения системы *QForm* в прогнозировании структуры штампованных поковок / Н. В. Биба, [и др.] // *Металловедение и термическая обработка металлов*. 2006. № 7. С. 49–52.